

Windturbines en gezichtsvervuiling

Dr. ir. Peter Van Geloven

9 juni 2012

Inhoud

Windturbines en gezichtsvervuiling.....	1
Doel van dit document.....	2
Inleiding.....	2
De biologische kijkreflex	2
Slagschaduw, de cijfers.	3
Duur van de slagschaduw.	6
Een lichtdip of een lichtdipje	7
Besluiten	8
Tabellen.....	9
Gebruikte afkortingen.....	13
Referenties.....	13

Doel van dit document

De huidige Belgische regelgeving stelt dat de inplanting van windturbines kan gebeuren vanaf 250 meter van woningen. In recente wetgeving wordt er zelfs helemaal geen minimale afstand vermeld, tenzij voor bepaalde geluidscondities. Dit document zoekt een verklaring waarom voor 250m werd gekozen en toont aan dat deze afstand onrealistisch klein is. Dit document is geen betoog tegen windturbines in het algemeen. Het is wel een geargumenteed betoog tegen de inplanting van windturbines nabij woningen om wille van gezichtsvervuiling en slagschaduw. Andere aspecten, zoals geluidshinder, schade aan het vogelbestand, de energetische (in)efficiëntie van windturbines, de financiële rendabiliteit, de wenselijkheid van subsidies, gevaren, enz. worden hier niet behandeld.

Inleiding

We stellen vast dat er een grote consensus is in België om de fractie alternatieve energie drastisch te verhogen. Windturbines vormen een deel van deze alternatieve energieopwekking. We stellen echter tevens vast dat er overall, onmiddellijk, groot protest ontstaat wanneer men plant om windturbines nabij woonkernen te plaatsen. Dit wordt vaak het NIMBY effect genoemd : Not In My Back Yard. Dit document toont aan dat er, alleen al om optische redenen, een gegronde reden is voor de maatschappelijke afwijzing van windturbines naast woningen. Het is geen kwestie van NIMBY maar van NIABY : Not In Any Back Yard. Dit document biedt tevens een mogelijke oplossing voor het probleem van dit geringe maatschappelijke draagvlak.

De biologische kijkreflex

De mens is van nature geneigd om te kijken naar bewegende voorwerpen. Men noemt dit de biologische kijkreflex. Deze reflex is het gevolg van duizenden jaren evolutie. Eenvoudig gesteld kan deze evolutie als volgt worden samengevat. Bij de eerste mensen waren er die om een of andere reden keken naar beweging (de “kijkers”) en er waren er anderen die dat niet deden. Het gevolg was dat degenen die bewegingen vlug opmerkten, sneller op de vlucht konden slaan als ze werden aangevallen door dieren, andere mensen of voorwerpen die met hoge snelheid op hen afkwamen. De mensen die niet keken, waren vaak te laat, vielen ten prooi en werden gedood. De “kijkers” hadden dus een grotere kans op overleven dan de anderen. Een ander voordeel van de kijkers is dat als ze op jacht waren, ze een bewegende prooi vlugger opmerkten, waardoor hun kans op succes bij de jacht aanzienlijk toenam. Ze hadden meer voedsel, terwijl de niet-kijkers in bepaalde omstandigheden verhongerden en omkwamen. Generatie na generatie vielen er op die manier meer en meer niet-kijkers af, terwijl er bij de overlevenden meer en meer kijkers waren. Dit proces van eeuwenlange, natuurlijke selectie heeft ervoor gezorgd dat alle huidige mensen deze ingebouwde kijkreflex hebben. Dezelfde evolutie heeft ervoor gezorgd dat wij rechtop lopen en niet op vier poten, zoals vele andere dieren. De biologische **kijkreflex is dus iets inherent aan de moderne mens**. Deze reflex kun je niet onderdrukken of uitschakelen. Probeert u ter vergelijking maar eens op handen en voeten te lopen : u zult dat niet lang volhouden. Op dezelfde manier kunt u de kijkreflex wel gedurende een korte tijd, bewust onderdrukken, maar u zult dat niet lang volhouden.

Ook vandaag de dag bewijst de reflex nog zijn diensten. De kijkreflex zorgt ervoor dat als u met de auto rijdt, en er loopt plots een kind op straat, dat u onwillekeurig naar die beweging kijkt, en niet naar een van de vele andere, stilstaande objecten in uw gezichtsveld, en dat u reageert. Een ander modern voorbeeld is dat van bewegende reclamepanelen : u kijkt onwillekeurig, al is het maar even.

Het is evident dat een beweging die slechts een zeer klein gedeelte van uw gezichtsveld beïnvloedt, minder impact heeft dan de beweging van een groot voorwerp. Indien u naar een stilstaand landschap kijkt, zult u eerder een voorbijrijdende vrachtwagen opmerken dan een mier die tegen een boomstam omhoog kruipt. U zult een voorwerp van een bepaalde grootte eerder opmerken als het voorwerp zijn schaduw op uw oog werpt, dan wanneer het het zonlicht naar uw oog niet onderbreekt. U zult een lamp die éénaal knippert minder snel opmerken dan een lamp die continu knippert.

Wanneer de draaiende wieken van een windturbine (een gedeelte van) de zonnestralen naar uw oog onderbreken, spreken we van **slagschaduw**. Omdat wieken ronddraaien, is de slagschaduw te vergelijken met een knipperende lamp die uw kijkreflex zeer sterk zal prikkelen. Moderne windturbines hebben bovendien erg grote, bewegende onderdelen. De turbines zijn 150 meter hoog en de bewegende wieken hebben een lengte van 40 meter. Andermaal een sterke prikkel van uw kijkreflex.

De biologische reflex gaat echter verder. Indien u het op straat lopende kind tijdig opmerkt, bent u blij dat u dit gevaar tijdig hebt gezien. Indien u echter constant wordt geconfronteerd met beweging die u afleidt, en die geen gevaar inhoudt, dan is dat in het begin storend, maar na enige tijd ontstaat er al vlug ergernis en indien de toestand aanhoudt, stress. Een windturbine staat er gedurende zeer lange tijd : 20 jaar !

Windturbines bewegen constant. Ze bewegen letterlijk de godganse dag (als het waait). Iedereen (!) wordt door deze beweging constant afgeleid. Er kunnen zich dan twee reacties voordoen : ofwel vindt u windturbines mooi ofwel vindt u ze lelijk. Indien u ze mooi vindt, is dat een troost voor de afleiding en zal de ergernis minder vlug ontstaan en de stress misschien nooit. Indien u ze lelijk vindt, zal er al vlug ergernis ontstaan en vaak ook stress. Of u windturbines mooi vindt of lelijk is erg subjectief. Het is echter immoreel om mensen te dwingen om iets mooi (of lelijk) te vinden door ze te overspoelen en te indoctrineren met uw mening. Menig dictatoriaal regime vergrijpt zich aan dit misdrijf. Het is immoreel om mensen te dwingen om windturbines te appreciëren, door ze te overspoelen met windturbines.

De kijkreflex zorgt er in ieder geval, bij iedereen, voor dat u bent afgeleid (en dat is niet subjectief). Daarom spreek ik verder in dit document eenvoudigheidshalve van “gezichtsvervuiling”.

Gezichtsvervuiling kan gevaarlijk zijn, bijvoorbeeld in het verkeer : u hebt de mooie (of lelijke) windturbines gezien, maar niet het overstekende kind ! Of u die windturbine mooi vond of niet, doet dan niet meer ter zake.

De conclusie is dat bewegende windturbines te beschouwen zijn als **gezichtsvervuiling** (die u mooi of lelijk vindt) en dat **slagschaduw in het bijzonder moet worden vermeden**.

Slagschaduw, de cijfers.

De schaduw die een windturbine werpt, hangt in de eerste plaats af van het feit of er volle zon is of niet. Als het bewolkt is, is er geen slagschaduw. Als er zon is, moet je bovendien min of meer in het verlengde staan van de lijn zon-windturbine om slagschaduw te hebben, anders valt de schaduw naast u. Het hangt ook af van de hoogte van de zon en van uw afstand tot de windturbine. Hoe hoger de zon staat (bijvoorbeeld in de zomer) hoe korter de schaduw van de windturbine. U moet

dan al dicht bij de windturbine staan om slagschaduw te hebben. 's Morgens vroeg staat de zon laag, is de schaduw van de windturbine erg lang en hebt u slagschaduw, zelfs als u ver van de windturbine staat. In de winter staat de zon lager dan in de zomer. Bovendien is de boog die de zon gedurende een dag aan de hemel doorloopt, groter in de zomer dan in de winter.

De factoren die bepalen of er slagschaduw is bij uw woning zijn dus :

- De afstand van uw woning tot de windturbine
- De orientatie van uw woning ten opzichte van de windturbine
- De hoogte van de zon boven de horizon

In de praktijk staan de woningen er eerst (die kun je niet meer verplaatsen) en kun je de eerste factor dus beïnvloeden door de windturbine op een correcte afstand van woningen te bouwen. Op de tweede factor hebben we enige invloed in de zin dat de zon zich gedurende een dag aan de hemel van oost naar west verplaatst. In de zomer is dat van noord-oost naar noord-west. In de winter is het van zuid-oost naar zuid-west. Indien de windturbine wordt ingeplant pal noord van uw woning, zult u nooit slagschaduw hebben. Op de derde factor hebben we ook enige impact. Door de windturbine niet te hoog te maken, blijft de schaduw kort en dus is er minder slagschaduw. Om economische en rendabiliteitsredenen wil men de windturbine over het algemeen echter zo hoog mogelijk maken.

De studie “een Windplan voor Vlaanderen” (WPV) van de VUB (1) en het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen (RSV) (2) vormen de basis voor de mogelijke inplantingen van windturbines in Vlaanderen. Op basis van deze documenten zijn de zogenaamde Windplannen voor Vlaanderen (3) opgesteld. Dit zijn kaarten waar met kleuren de geschiktheid voor de inplanting van windturbines wordt aangegeven. Op deze kaarten is duidelijk te zien dat er rond gebieden die in het RSV worden ingekleurd als woonzone, een donker paarse cirkel is getrokken met een straal van 250 meter, waarbinnen geen windturbines mogen worden geplaatst. Overeenkomstig het WPV mogen er namelijk geen windturbines worden ingeplant op korter dan 250 meter van woningen.

De vraag stelt zich waar deze 250 meter vandaan komt. Hoe werd deze afstand bepaald? Waarom is de afstand niet verschillend ten noorden of ten zuiden van de woonzone? Is deze afstand realistisch met het oog op alle mogelijke hinder en gevaar? (geluid, gezichtsvervuiling, laagfrequente trillingen, slagschaduw, wegvliegend ijs dat is vastgevroren aan de wieken, wegvliegende stukken of omvallen van de turbine, ...).

Tabel 1 toont de lengte van de schaduw van een 150 meter hoge windturbine in functie van het uur van de dag en in functie van de periode van het jaar. Iedere rij correspondeert met het uur van de dag (wintertijd) en iedere kolom met een maand van het jaar. Het cijfer op een bepaalde rij en kolom geeft de lengte van de schaduw van de windturbine (in meter) voor dat uur van de dag (rij) en die dag van het jaar (kolom). Indien de lengte van de schaduw langer is dan 250 meter, is de cel rood gekleurd, anders groen. Cellen die rood zijn resulteren in slagschaduw als je je op dat tijdstip van de dag en die maand van het jaar, min of meer in het verlengde van de lijn zon-windturbine bevindt. Indien er rond de windturbine een cirkel van huizen zou zijn gebouwd op een afstand van minder dan 250 meter van de windturbine, zou er voor de rode cellen minstens één huis zijn met slagschaduw op dat ogenblik. In de tabel zien we bijvoorbeeld dat er in februari gedurende de ganse

dag, altijd minstens één huis uit de cirkel slagschaduw zou hebben, want alle cellen van februari zijn rood gekleurd.

Hoe bepaal je nu of uw huis slagschaduw zal hebben? Hiervoor volg je de volgende procedure :

1. bepaal de afstand van uw woning tot de windturbine. Bv. 500m.
2. bepaal het uur van de dag wanneer uw woning, de windturbine en de zon op een lijn staan. Bv. 09h00.
3. zoek in Tabel 1 de rij van 09h00.
4. indien het getal op die rij van 09h00, voor een bepaalde kolom (bv. de kolom van 1 maart), groter is dan 500, zul je in die maand, om 09h00 slagschaduw hebben. Van hoe laat tot hoe laat je slagschaduw zult hebben, wordt uitgelegd in de sectie “Duur van de slagschaduw.”

Uit Tabel 1 blijkt dat een afstand van 250 meter van huizen onaanvaardbaar veel rode cellen geeft. Een belangrijke conclusie is ook dat **als** (!) je slagschaduw zult hebben, je over het algemeen gedurende ongeveer 5 maanden per jaar slagschaduw zult hebben. Anders uitgedrukt, voor een bepaalde rij in Tabel 1, zijn er gemiddeld vijf kolommen (maanden) die rood gekleurd zijn. Dit is belangrijk voor het aanhouden van de VLAREM beperkingen (4) over slagschaduw, zoals verder wordt aangetoond.

Tabel 2 toont hetzelfde als Tabel 1 maar de cel is rood gekleurd als de schaduw langer is dan 1500 meter. We zien hier dat het aantal ogenblikken met (mogelijks) slagschaduw eerder beperkt is (weinig rode cellen) en dus veel meer aanvaardbaar.

Let op : zowel Tabel 1 als Tabel 2 zeggen niets over gezichtsvervuiling maar het spreekt voor zich dat een windturbine op 1500m beduidend minder gezichtsvervuiling geeft dan een op 250m. Hetzelfde geldt voor geluidsoverlast. Als uw woning zich bv. op 250m ten noorden van een windturbine bevindt, zult u nooit slagschaduw hebben, maar wel gezichtsvervuiling.

Tabel 1 en Tabel 2 zijn opgesteld voor een vlak, horizontaal landschap, zonder heuvels. Meestal worden windturbines geplaatst op het hoogste punt in het landschap. Het spreekt voor zich dat de schaduw langer wordt in lager gelegen gebieden. In realiteit zijn er dus nog veel meer rode cellen dan weergegeven in Tabel 1 en Tabel 2.

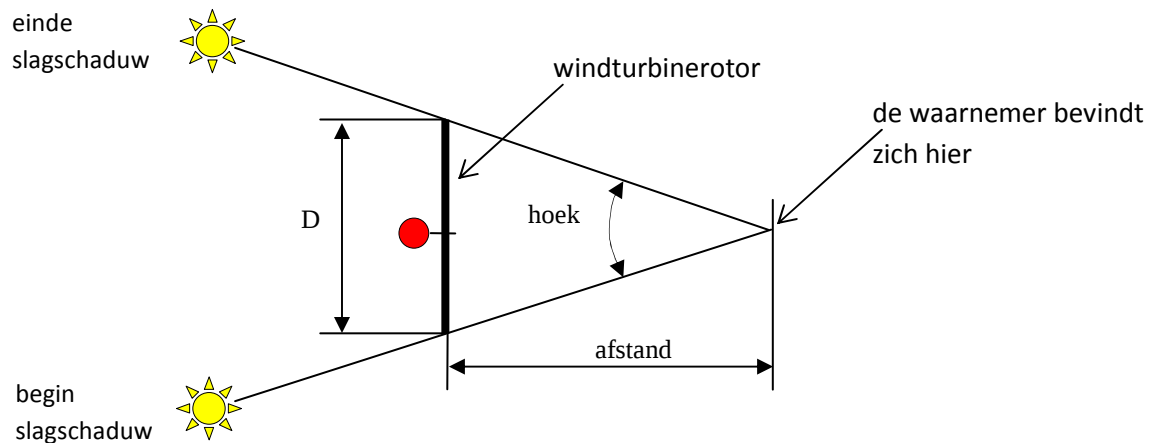
Er dient opgemerkt dat het tijdstip van zonsopgang (en zonsondergang) in Tabel 1 en Tabel 2 ongeveer 30 minuten afwijkt van de realiteit. Dit komt omdat er bij de berekeningen geen rekening werd gehouden met de gemiddelde helling van België ten opzichte van het (horizontale) zeeniveau. Dit heeft geen impact op de conclusies.

De conclusie is dat windturbines bouwen op minder dan **250 meter** van woningen, resulteert in **onaanvaardbaar veel slagschaduw**. Een afstand van **1500 meter is acceptabel**. Het is niet voor niets dat de minimale afstand in Duitsland en in Frankrijk 1500 meter is.

Tot slot dient te worden opgemerkt dat de minimale afstand tot woningen is weggefallen uit de wetgeving die einde 2011 is gestemd.

Duur van de slagschaduw.

De zon beweegt zich gedurende de dag van oost naar west langs de hemel. De hoek die de zon daarbij in horizontale richting aflegt is 0.25 graden per minuut. Figuur 1 toont het bovenaanzicht van een windturbine en de zon die rond de windturbine draait. De slagschaduw begint als de tip van de rotor, de zon en de waarnemer zich op een lijn bevinden. De slagschaduw eindigt als de zon zo ver is doorgedraaid dat de rotortip van de andere kant, de zon en de waarnemer op een lijn staan.



Figuur 1 Duur van de slagschaduw. Dit is een bovenaanzicht (vanuit een vliegtuig loodrecht naar beneden gekeken). D is de rotordiameter.

In Figuur 1 kan men zien dat de hoek waarvoor er slagschaduw is, kleiner wordt naarmate de rotordiameter D kleiner wordt, en naarmate de afstand groter wordt. Hoe kleiner de hoek, hoe korter de duur van de slagschaduw zal zijn.

In de nieuwe milieuvorwaarden voor windturbines van de Vlaamse overheid, (4) worden twee beperkingen opgelegd voor slagschaduw :

1. *Slagschaduw duur per dag* : Er mag maximaal 30 minuten slagschaduw zijn per dag voor een bepaalde woning.
2. *Aantal uur slagschaduw per jaar* : Er mag maximaal 8 uur slagschaduw zijn per jaar voor een bepaalde woning.

Tabel 3 toont het aantal minuten en seconden slagschaduw per dag, voor een rotordiameter van 60 meter. 60 meter is een realistische diameter voor een 150 meter hoge windturbine. We zien in Tabel 3 dat aan de beperking "Slagschaduw duur per dag" niet kan worden voldaan indien de afstand tot de windturbine kleiner is dan 200 meter.

Uit de sectie " Slagschaduw, de cijfers." blijkt dat **als** je slagschaduw hebt, dat je dan over het algemeen gedurende 5 maanden per jaar slagschaduw zult hebben. Indien we nu de duur van de slagschaduw per dag, uit Tabel 3, vermenigvuldigen met het aantal dagen van 5 maanden, bekomen we het aantal uur slagschaduw per jaar. Deze duur kunnen we vergelijken met de toegelaten 8 uur per jaar. In Tabel 3 zijn de rijen die niet voldoen aan dit criterium lichtrood gekleurd.

Zoals we kunnen vaststellen in Tabel 3, **moet de afstand tot woningen 1000 meter bedragen om aan de twee criteria van VLAREM (4) te voldoen.** Een afstand van 250 meter tussen woning en

windturbine resulteert in 27 minuten en 22 seconden = $1642\text{sec} \cdot 5\text{maanden} \cdot 30\text{dagen/maand} = 68$ uur potentiële slagschaduw per jaar ! “Potentieel” omdat de zon niet iedere dag op het juiste tijdstip schijnt (wolken). Zelfs met weinig zon, zoals in België, is het echter erg onwaarschijnlijk dat deze 68 uur potentieel, worden gereduceerd tot minder dan 8 uur effectief. Deze 68 uur zijn in de praktijk dus een flagrante overschrijding van de normen.

De VLAREM regels (4) zijn ook niet duidelijk : bedoelt men maximaal 8 uur effectieve slagschaduw of 8 uur potentiële slagschaduw per jaar. Indien men het eerste bedoelt, is dit praktisch niet te realiseren omdat men van jaar tot jaar, per woning, moet nagaan of aan het criterium is voldaan, rekening houdend met de zonnige perioden van dat jaar. Het legt de controle voor het overschrijden van de norm bij de bewoner, terwijl die verantwoordelijkheid zou moeten liggen bij de eigenaar van de windturbine. (overlast voor de burger). Die eigenaar zou onmiddellijk maatregelen moeten nemen zodra het quotum is overschreden, zonder dat de eigenaar van de woning, aan wie last wordt berokkent, eerst klacht moet indienen.

Een lichtdip of een lichtdipje

De wieken van een windturbine hebben een bepaalde breedte. Als je naar de zon kijkt en de wiek staat kort genoeg tussen u en de zon, dan zal de wiek de volledige zonnescijf bedekken. Indien de wiek de zonnescijf volledig bedekt, zult u het meest last hebben van slagschaduw (100% verduistering, 100% van de oppervlakte van de zonnescijf is bedekt). Naarmate de afstand tussen u en de wiek groter wordt, zal de wiek een steeds kleiner wordend percentage van de zonnescijf bedekken en zal er een groter percentage zonnestralen op uw oog vallen, zelfs al staat de wiek voor de zon. De lichtdip die u waarneemt zal minder drastisch zijn naarmate u zich verder van de wiek bevindt. U hebt dus wel slagschaduw, maar hij is minder storend.

Tabel 4 toont het percentage verduistering in functie van de breedte van de wieken en in functie van uw afstand tot de windturbine.

We zien in Tabel 4 dat de in Vlaanderen gehanteerde minimale afstand van 250 meter, wellicht is berekend door na te gaan welke afstand een volledige bedekking van de zonnescijf geeft, bij een realistische, gemiddelde wiekbreedte (bv 2.5 meter). Deze afstand is inderdaad 250 meter. De studie van de VUB (1) gaat er blijkbaar van uit dat maximale hinder (100% bedekking) toelaatbaar is. Dit is onaanvaardbaar. Er dient opgemerkt te worden de studie (1) werd gemaakt door de “dienst stromingsmechanica” van de VUB. Het is evident dat deze afdeling vooringenomen is en (in de toekomst) mogelijks betrokken partij, wanneer het gaat over windturbines. Het is hetzelfde als aan de automobielfederatie Febiac vragen of er meer en betere autowegen moeten komen.

In Tabel 4 zien we ook dat het percentage verduistering op een afstand van 1500 meter, en voor een wiekbreedte van 2.5 meter, is gezakt tot 23%. Dit is ongetwijfeld nog altijd storend, maar alleszins veel aanvaardbaarder.

De conclusie is dat de **lichtdip die wordt waargenomen op een afstand van 250 meter van een windturbine, onaanvaardbaar is** omdat de zonnescijf volledig wordt bedekt door de wieken (maximale slagschaduw). Een afstand van 1500 meter, zoals in Duitsland en Frankrijk is nog altijd storend, maar al een wezenlijke verbetering.

Besluiten

1. Dit document behandelt enkel de gezichtsvervuiling en de slagschaduw problematiek. Dit doet geen afbreuk aan het feit dat andere aspecten van windturbines (meer of minder) overlast kunnen bezorgen.
2. Het type windturbine waar dit document over handelt zijn ± 150 meter hoge windturbines, ashoogte 120 meter of lager. Voor andere types gelden de volgende besluiten in meer of mindere mate. Dit kan het onderwerp zijn van een bijkomende, specifieke studie zoals deze.
3. Windturbines veroorzaken gezichtsvervuiling en mogelijks slagschaduw. Zie tekst voor de definitie van deze begrippen.
4. Door de kijkreflex worden mensen continu en overmijdelijk afgeleid door draaiende wieken van windturbines. Of u windturbines mooi vindt of lelijk doet hieraan niets ter zake. Deze afleiding kan gevaarlijk zijn (bv. in het verkeer of indien u gevaarlijke machines bedient).
5. Voor iemand die windturbines lelijk vindt, zal ergernis en stress door de kijkreflex, eerder ontstaan dan voor iemand die windturbines mooi vindt.
6. Proberen windturbines acceptabel te maken (ze mooi vinden), door de bevolking ermee te overspoelen, is moreel verwerpelijk.
7. Windturbines plaatsen op minder dan 250 meter, tussen noord-oost, zuid, noord-west van woningen, resulteert in onaanvaardbaar veel slagschaduw. Zie Tabel 1.
8. Indien er slagschaduw is bij een woning op 250 meter van een windturbine, is er meestal gedurende 5 maanden per jaar slagschaduw. Zie Tabel 1.
9. Slagschaduw is maximaal hinderlijk op een afstand van minder dan 250 meter van de windturbine omdat de wieken dan de volledige zonschijf bedekken. Naarmate de afstand tot woningen vergroot, zal de slagschaduw minder hinderlijk zijn omdat niet de volledige zonschijf wordt bedekt. Zie Tabel 4.
10. Aan de VLAREM voorschriften (4) voor slagschaduw van windturbines kan in de praktijk niet worden voldaan indien de woning op minder dan 1000 meter van de windturbine staat en ongunstig georiënteerd ten opzichte van die windturbine (bv. ten zuiden van de windturbine, zie tekst voor gedetailleerde uitleg). Zie onder andere Tabel 3.
11. Het is niet correct om de bewijslast voor het overschrijden van de VLAREM voorschriften (4) voor slagschaduw van windturbines, bij de bewoners te leggen. De bewijslast en de nodige, automatische acties moeten ten laste worden gelegd van de eigenaar(s) van de windturbine.
12. Alleen al om wille van al deze optische (!) redenen is het aangewezen om windturbines op een afstand van minstens 1500 m van woningen te plaatsen. Deze norm wordt ook in Duitsland en Frankrijk gehanteerd. Zelfs 1500 meter zal de kijkreflex prikkelen en gezichtsvervuiling en in sommige gevallen slagschaduw veroorzaken. Dit is wellicht één van de redenen waarom er ook in Duitsland en Frankrijk toch verzet ontstaat, zelfs bij een inplantingsafstand van 1500 meter.
13. De Belgische richtlijn van 250 meter is om verschillende (optische) redenen onaanvaardbaar en de praktijk leert dat er geen maatschappelijk draagvlak is voor deze 250 meter want overal waar windturbines op deze afstand worden gepland, ontstaan er actiegroepen tegen de windturbines.
14. Een afstand van 1500 meter tussen windturbines en enige woning is een aanvaardbaar compromis tussen de wens om een gedeelte van onze energie via windturbines te genereren en de optische overlast die windturbines veroorzaken.

Windturbines en gezichtsvervuiling

Tabellen

afstand tot huizen :		250 m		hoogte windturbine :		150 m							
uurdag (uur)	mindag (min)	01-Jan schaduww (m)	01-Feb schaduww (m)	01-Mar schaduww (m)	01-Apr schaduww (m)	#### schaduww (m)	01-Jun schaduww (m)	01-Jul schaduww (m)	01-Aug schaduww (m)	01-Sep schaduww (m)	01-Oct schaduww (m)	01-Nov schaduww (m)	01-Dec schaduww (m)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	194969	10475	0	0	0	0	0
4	15	0	0	0	0	0	4352	3136	0	0	0	0	0
4	30	0	0	0	0	0	2161	1816	22909	0	0	0	0
4	45	0	0	0	0	20946	1421	1264	3461	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	3312	1049	962	1848	0	0	0	0
5	15	0	0	0	0	1779	826	771	1250	0	0	0	0
5	30	0	0	0	0	1208	677	639	938	7915	0	0	0
5	45	0	0	0	8663	909	570	543	747	2511	0	0	0
6	0	0	0	0	2564	725	490	470	617	1485	0	0	0
6	15	0	0	0	1500	600	428	412	523	1051	0	0	0
6	30	0	0	0	1058	510	378	365	453	810	7176	0	0
6	45	0	0	11073	815	442	337	327	397	658	2436	0	0
7	0	0	0	2810	662	389	303	294	353	552	1471	0	0
7	15	0	0	1617	556	346	274	267	316	475	1055	0	0
7	30	0	0	1139	479	310	249	243	285	416	823	6354	0
7	45	0	4815	881	420	280	227	222	259	369	676	2505	0
8	0	0	2275	721	374	255	208	203	236	331	574	1575	0
8	15	8130	1505	611	336	233	191	187	216	300	499	1158	4886
8	30	3040	1134	531	305	215	176	172	199	274	442	921	2426
8	45	1902	917	471	280	198	163	159	184	251	398	769	1638
9	0	1403	774	425	358	184	151	147	170	232	362	664	1251
9	15	1124	675	388	240	171	140	136	158	216	333	587	1022
9	30	948	601	358	224	159	130	127	148	202	309	529	873
9	45	827	546	333	210	149	121	118	138	190	289	484	768
10	0	741	503	313	199	141	113	110	130	179	272	449	692
10	15	677	470	297	189	133	106	103	123	170	258	421	635
10	30	629	444	283	181	126	100	97	116	163	247	399	592
10	45	593	423	272	174	121	95	92	111	156	238	381	559
11	0	566	407	264	168	116	90	87	106	151	230	368	535
11	15	546	396	257	164	113	87	84	103	147	225	358	517
11	30	532	388	253	161	110	85	81	100	145	221	351	505
11	45	525	383	250	159	109	83	80	99	143	219	347	497
12	0	522	381	249	159	108	83	79	98	142	218	346	495
12	15	525	383	250	159	109	83	80	99	143	219	347	497
12	30	532	388	253	161	110	85	81	100	145	221	351	505
12	45	546	396	257	164	113	87	84	103	147	225	358	517
13	0	566	407	264	168	116	90	87	106	151	230	368	535
13	15	593	423	272	174	121	95	92	111	156	238	381	559
13	30	629	444	283	181	126	100	97	116	163	247	399	592
13	45	677	470	297	189	133	106	103	123	170	258	421	635
14	0	741	503	313	199	141	113	110	130	179	272	449	692
14	15	827	546	333	210	149	121	118	138	190	289	484	768
14	30	948	601	358	224	159	130	127	148	202	309	529	873
14	45	1124	675	388	240	171	140	136	158	216	333	587	1022
15	0	1403	774	425	358	184	151	147	170	232	362	664	1251
15	15	1902	917	471	280	198	163	159	184	251	398	769	1638
15	30	3040	1134	531	305	215	176	172	199	274	442	921	2426
15	45	8130	1505	611	336	233	191	187	216	300	499	1158	4886
16	0	0	2275	721	374	255	208	203	236	331	574	1575	0
16	15	0	4815	881	420	280	227	222	259	369	676	2505	0
16	30	0	0	1139	479	310	249	243	285	416	823	6354	0
16	45	0	0	1617	556	346	274	267	316	475	1055	0	0
17	0	0	0	2810	662	389	303	294	353	552	1471	0	0
17	15	0	0	11073	815	442	337	327	397	658	2436	0	0
17	30	0	0	0	1058	510	378	365	453	810	7176	0	0
17	45	0	0	0	1500	600	428	412	523	1051	0	0	0
18	0	0	0	0	2564	725	490	470	617	1485	0	0	0
18	15	0	0	0	8663	909	570	543	747	2511	0	0	0
18	30	0	0	0	0	1208	677	639	938	7915	0	0	0
18	45	0	0	0	0	1779	826	771	1250	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	3312	1049	962	1848	0	0	0	0
19	15	0	0	0	0	20946	1421	1264	3461	0	0	0	0
19	30	0	0	0	0	0	2161	1816	22909	0	0	0	0
19	45	0	0	0	0	0	4352	3136	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	194969	10475	0	0	0	0	0
20	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 1 Lengte van de schaduw van een 150 meter hoge windturbine in functie van het uur van de dag en in functie van de periode van het jaar. Cellen met een schaduw langer dan 250 m werden rood ingekleurd. Grize cellen zijn 's nachts.

Windturbines en gezichtsvervuiling

afstand tot huizen :		1500 m				hoogte windturbine :		150 m							
uurdag (uur)	mindag (min)	01-Jan schaduw (m)	01-Feb schaduw (m)	01-Mar schaduw (m)	01-Apr schaduw (m)	#### schaduw (m)	01-Jun schaduw (m)	01-Jul schaduw (m)	01-Aug schaduw (m)	01-Sep schaduw (m)	01-Oct schaduw (m)	01-Nov schaduw (m)	01-Dec schaduw (m)		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	194969	10475	0	0	0	0	0	0	0
4	15	0	0	0	0	0	4352	3136	0	0	0	0	0	0	0
4	30	0	0	0	0	0	2161	1816	22909	0	0	0	0	0	0
4	45	0	0	0	0	20946	1421	1264	3461	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	3312	1049	962	1848	0	0	0	0	0	0
5	15	0	0	0	0	1779	826	771	1250	0	0	0	0	0	0
5	30	0	0	0	0	1208	677	639	938	7915	0	0	0	0	0
5	45	0	0	0	8663	909	570	543	747	2511	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	2564	725	490	470	617	1485	0	0	0	0	0
6	15	0	0	0	1500	600	428	412	523	1051	0	0	0	0	0
6	30	0	0	0	1058	510	378	365	453	810	7176	0	0	0	0
6	45	0	0	11073	815	442	337	327	397	658	2436	0	0	0	0
7	0	0	0	2810	662	389	303	294	353	552	1471	0	0	0	0
7	15	0	0	1617	556	346	274	267	316	475	1055	0	0	0	0
7	30	0	0	1139	479	310	249	243	285	416	823	6354	0	0	0
7	45	0	4815	881	420	280	227	222	259	369	676	2505	0	0	0
8	0	0	2275	721	374	255	208	203	236	331	574	1575	0	0	0
8	15	8130	1505	611	336	233	191	187	216	300	499	1158	4886	0	0
8	30	3040	1134	531	305	215	176	172	199	274	442	921	2426	0	0
8	45	1902	917	471	280	198	163	159	184	251	398	769	1638	0	0
9	0	1403	774	425	258	184	151	147	170	232	362	664	1251	0	0
9	15	1124	675	388	240	171	140	136	158	216	333	587	1022	0	0
9	30	948	601	358	224	159	130	127	148	202	309	529	873	0	0
9	45	827	546	333	210	149	121	118	138	190	289	484	768	0	0
10	0	741	503	313	199	141	113	110	130	179	272	449	692	0	0
10	15	677	470	297	189	133	106	103	123	170	258	421	635	0	0
10	30	629	444	283	181	126	100	97	116	163	247	399	592	0	0
10	45	593	423	272	174	121	95	92	111	156	238	381	559	0	0
11	0	566	407	264	168	116	90	87	106	151	230	368	535	0	0
11	15	546	396	257	164	113	87	84	103	147	225	358	517	0	0
11	30	532	388	253	161	110	85	81	100	145	221	351	505	0	0
11	45	525	383	250	159	109	83	80	99	143	219	347	497	0	0
12	0	522	381	249	159	108	83	79	98	142	218	346	495	0	0
12	15	525	383	250	159	109	83	80	99	143	219	347	497	0	0
12	30	532	388	253	161	110	85	81	100	145	221	351	505	0	0
12	45	546	396	257	164	113	87	84	103	147	225	358	517	0	0
13	0	566	407	264	168	116	90	87	106	151	230	368	535	0	0
13	15	593	423	272	174	121	95	92	111	156	238	381	559	0	0
13	30	629	444	283	181	126	100	97	116	163	247	399	592	0	0
13	45	677	470	297	189	133	106	103	123	170	258	421	635	0	0
14	0	741	503	313	199	141	113	110	130	179	272	449	692	0	0
14	15	827	546	333	210	149	121	118	138	190	289	484	768	0	0
14	30	948	601	358	224	159	130	127	148	202	309	529	873	0	0
14	45	1124	675	388	240	171	140	136	158	216	333	587	1022	0	0
15	0	1403	774	425	258	184	151	147	170	232	362	664	1251	0	0
15	15	1902	917	471	280	198	163	159	184	251	398	769	1638	0	0
15	30	3040	1134	531	305	215	176	172	199	274	442	921	2426	0	0
15	45	8130	1505	611	336	233	191	187	216	300	499	1158	4886	0	0
16	0	0	2275	721	374	255	208	203	236	331	574	1575	0	0	0
16	15	0	4815	881	420	280	227	222	259	369	676	2505	0	0	0
16	30	0	0	1139	479	310	249	243	285	416	823	6354	0	0	0
16	45	0	0	1617	556	346	274	267	316	475	1055	0	0	0	0
17	0	0	0	2810	662	389	303	294	353	552	1471	0	0	0	0
17	15	0	0	11073	815	442	337	327	397	658	2436	0	0	0	0
17	30	0	0	0	1058	510	378	365	453	810	7176	0	0	0	0
17	45	0	0	0	1500	600	428	412	523	1051	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	2564	725	490	470	617	1485	0	0	0	0	0
18	15	0	0	0	8663	909	570	543	747	2511	0	0	0	0	0
18	30	0	0	0	0	1208	677	639	938	7915	0	0	0	0	0
18	45	0	0	0	0	1779	826	771	1250	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	3312	1049	962	1848	0	0	0	0	0	0
19	15	0	0	0	0	20946	1421	1264	3461	0	0	0	0	0	0
19	30	0	0	0	0	0	2161	1816	22909	0	0	0	0	0	0
19	45	0	0	0	0	0	4352	3136	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	194969	10475	0	0	0	0	0	0	0
20	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 2 Lengte van de schaduw van een 150 meter hoge windturbine in functie van het uur van de dag en in functie van de periode van het jaar. Cellen met een schaduw langer dan 1500 m werden rood ingekleurd. Grijs vakken zijn 's nachts.

Windturbines en gezichtsvervuiling

afstand tot turbine (m)	duur slagschaduw	
	(min)	(sec)
200	34	7
250	27	22
300	22	51
350	19	36
400	17	9
450	15	15
500	13	44
550	12	29
600	11	27
650	10	34
700	9	49
750	9	10
800	8	35
850	8	5
900	7	38
950	7	14
1000	6	52
1050	6	33
1100	6	15
1150	5	59
1200	5	44
1250	5	30
1300	5	17
1350	5	6
1400	4	55
1450	4	44
1500	4	35
1550	4	26
1600	4	18
1650	4	10
1700	4	3
1750	3	56
1800	3	49
1850	3	43
1900	3	37
1950	3	32
2000	3	26
2050	3	21
2100	3	16
2150	3	12
2200	3	8
2250	3	3
2300	2	59
2350	2	56
2400	2	52
2450	2	48
2500	2	45
2550	2	42
2600	2	39
2650	2	36
2700	2	33
2750	2	30
2800	2	27
2850	2	25
2900	2	22
2950	2	20
3000	2	18

Tabel 3 Duur van de slagschaduw per dag, voor een rotordiameter van 60 meter, in functie van de afstand tot de windturbine. Inbreuk op de regel “Slagschaduw duur per dag” van VLAREM is donkerrood gekleurd. Inbreuk op de regel “Aantal uur slagschaduw per jaar” van VLAREM is lichtrood gekleurd.

Windturbines en gezichtsvervuiling

Percentage verduistering in functie van de breedte van de wieken en de afstand tot de windturbine		bwiek (m)															
afstand tot turbine (m)		0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75	4
50	65	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
100	34	65	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
150	23	45	65	83	96	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
200	17	34	50	65	79	90	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
250	14	27	40	53	65	76	86	94	99	100	100	100	100	100	100	100	100
300	11	23	34	45	55	65	74	83	90	96	100	100	100	100	100	100	100
350	10	19	29	38	48	56	65	73	80	87	93	97	100	100	100	100	100
400	9	17	25	34	42	50	58	65	72	79	85	90	95	98	100	100	100
450	8	15	23	30	37	45	52	58	65	71	77	83	88	92	96	99	99
500	7	14	20	27	34	40	47	53	59	65	71	76	81	86	90	94	94
550	6	12	19	25	31	37	43	48	54	60	65	70	75	80	84	88	88
600	6	11	17	23	28	34	39	45	50	55	60	65	70	74	79	83	83
650	5	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	60	65	69	74	78	78
700	5	10	15	19	24	29	34	38	43	48	52	56	61	65	69	73	73
750	5	9	14	18	23	27	32	36	40	45	49	53	57	61	65	69	69
800	4	9	13	17	21	25	30	34	38	42	46	50	54	58	61	65	65
850	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	43	47	51	54	58	62	62
900	4	8	11	15	19	23	26	30	34	37	41	45	48	52	55	58	58
950	4	7	11	14	18	21	25	29	32	36	39	42	46	49	52	56	56
1000	3	7	10	14	17	20	24	27	30	34	37	40	44	47	50	53	53
1050	3	7	10	13	16	19	23	26	29	32	35	38	42	45	48	51	51
1100	3	6	9	12	16	19	22	25	28	31	34	37	40	43	46	48	48
1150	3	6	9	12	15	18	21	24	27	29	32	35	38	41	44	46	46
1200	3	6	9	11	14	17	20	23	25	28	31	34	37	39	42	45	45
1250	3	5	8	11	14	16	19	22	24	27	30	32	35	38	40	43	43
1300	3	5	8	11	13	16	18	21	24	26	29	31	34	36	39	41	41
1350	3	5	8	10	13	15	18	20	23	25	28	30	33	35	37	40	40
1400	2	5	7	10	12	15	17	19	22	24	27	29	31	34	36	38	38
1450	2	5	7	9	12	14	16	19	21	23	26	28	30	33	35	37	37
1500	2	5	7	9	11	14	16	18	20	23	25	27	29	32	34	36	36
1550	2	4	7	9	11	13	15	18	20	22	24	26	28	31	33	35	35
1600	2	4	6	9	11	13	15	17	19	21	23	25	28	30	32	34	34
1650	2	4	6	8	10	12	14	17	19	21	23	25	27	29	31	33	33
1700	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	32
1750	2	4	6	8	10	12	14	16	18	19	21	23	25	27	29	31	31
1800	2	4	6	8	9	11	13	15	17	19	21	23	25	26	28	30	30
1850	2	4	6	7	9	11	13	15	17	18	20	22	24	26	28	29	29
1900	2	4	5	7	9	11	13	14	16	18	20	21	23	25	27	29	29
1950	2	4	5	7	9	11	12	14	16	17	19	21	23	24	26	28	28
2000	2	3	5	7	9	10	12	14	15	17	19	20	22	24	25	27	27
2050	2	3	5	7	8	10	12	13	15	17	18	20	22	23	25	26	26
2100	2	3	5	7	8	10	11	13	15	16	18	19	21	23	24	26	26
2150	2	3	5	6	8	10	11	13	14	16	17	19	21	22	24	25	25
2200	2	3	5	6	8	9	11	12	14	16	17	19	20	22	23	25	25
2250	2	3	5	6	8	9	11	12	14	15	17	18	20	21	23	24	24
2300	1	3	4	6	7	9	10	12	13	15	16	18	19	21	22	24	24
2350	1	3	4	6	7	9	10	12	13	15	16	17	19	20	22	23	23
2400	1	3	4	6	7	9	10	11	13	14	16	17	18	20	21	23	23
2450	1	3	4	6	7	8	10	11	13	14	15	17	18	19	21	22	22
2500	1	3	4	5	7	8	10	11	12	14	15	16	18	19	20	22	22
2550	1	3	4	5	7	8	9	11	12	13	15	16	17	19	20	21	21
2600	1	3	4	5	7	8	9	11	12	13	14	16	17	18	20	21	21
2650	1	3	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	17	18	19	21	21
2700	1	3	4	5	6	8	9	10	11	13	14	15	16	18	19	20	20
2750	1	2	4	5	6	7	9	10	11	12	14	15	16	17	19	20	20
2800	1	2	4	5	6	7	9	10	11	12	13	15	16	17	18	19	19
2850	1	2	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	16	17	18	19	19
2900	1	2	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	18	19	19
2950	1	2	3	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	18	18
3000	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17	18	18

Tabel 4 Percentage verduistering in functie van de breedte van de wieken (bwiek) en de afstand tot de windturbine. Gevallen van 100% bedekking zijn rood gekleurd. Gevallen groter dan 5% verduistering zijn oranje gekleurd.

Gebruikte afkortingen

WPV WindPlan voor Vlaanderen (1)

RSV Ruimtelijk structuurplan Vlaanderen (2)

Referenties

1. **Yves Cabooter, Luc Dewilde, Mieke Langie.** *Een windplan voor Vlaanderen*. s.l. : Vrije Universiteit Brussel, dienst stromingsmechanica.

2. **Vlaamse overheid.** Ruimtelijke ordening in Vlaanderen.
<http://www2.vlaanderen.be/ruimtelijk/rsv/index.html>. [Online]

3. **Vlaams energie agentschap.** [energiesparen.be. http://www.energiesparen.be/node/917](http://www.energiesparen.be/node/917). [Online]

4. **Departement Leefmilieu, Natuur en Energie (LNE).** Nieuwe milieuvoorwaarden voor windturbines. <http://www.lne.be/themas/vergunningen/nieuwe-milieuvoorwaarden-voor-windturbines>. [Online] Vlaamse Overheid.
